



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05009637 A**(43) Date of publication of application: **19.01.93**

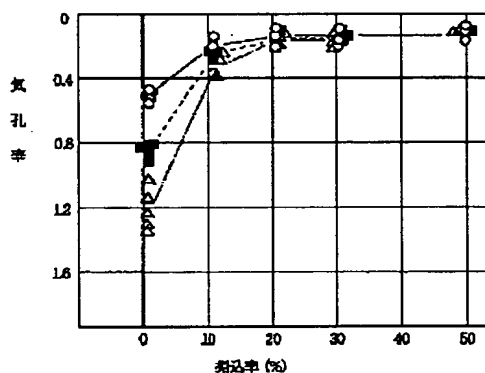
(51) Int. Cl.

**C22C 21/02**(21) Application number: **03189335**(22) Date of filing: **03.07.91**(71) Applicant: **NIPPON LIGHT METAL CO  
LTD NIKKEI TECHNO RES CO LTD  
NISSAN MOTOR CO LTD**(72) Inventor: **WATANABE YASUHIKO  
HASHIMOTO AKIO  
KITAOKA YAMAJI  
SANBE TAKAHIRO  
KITAMURA YUKIYOSHI  
FUJIKAWA SHINICHIRO  
SAKURAGI HIDETAKE****(54) ALUMINUM ALLOY FOR FORGING****(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To produce the aluminum alloy for forging having the mechanical strength equiv. to the mechanical strength of a 6061 alloy while assuring castability by executing the formation of finer-grained eutectic Si simultaneously with alloy designing to decrease an Si content by regulating a P content.

**CONSTITUTION:** The aluminum alloy for forging which has the compsn. contg. 2.0 to 3.0wt.% Si, 0.2 to 0.6wt.% Mg, 0.01 to 0.1wt.% Ti, 0.0001 to 0.01wt.% B, and further, one or  $\geq 2$  kinds among 0.001 to 0.01wt.% Na, 0.001 to 0.05wt.% Sr, 0.05 to 0.10wt.% Sb, and 0.0005 to 0.01wt.% Ca, regulating the P content to 20.001wt.% and consisting of the balance Al and has 220 $\mu$ m average grain size in the size of the eutectic Si included in the casting structure is prepd.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&amp;Japio



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 5 - 9 6 3 7

(43) 公開日 平成 5 年 (1993) 1 月 19 日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>  
C22C 21/02

識別記号

庁内整理番号  
8928-4K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平 3 - 1 8 9 3 3 5

(22) 出願日 平成 3 年 (1991) 7 月 3 日

(71) 出願人 0 0 0 0 0 4 7 4 3

日本軽金属株式会社

東京都港区三田 3 丁目 1 3 番 1 2 号

(71) 出願人 0 0 0 1 5 2 4 0 2

株式会社日軽技研

東京都港区三田 3 丁目 1 3 番 1 2 号

(71) 出願人 0 0 0 0 0 3 9 9 7

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地

(72) 発明者 渡辺 靖彦

東京都港区三田 3 丁目 1 3 番 1 2 号 日本  
軽金属株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小橋 信淳 (外 1 名)

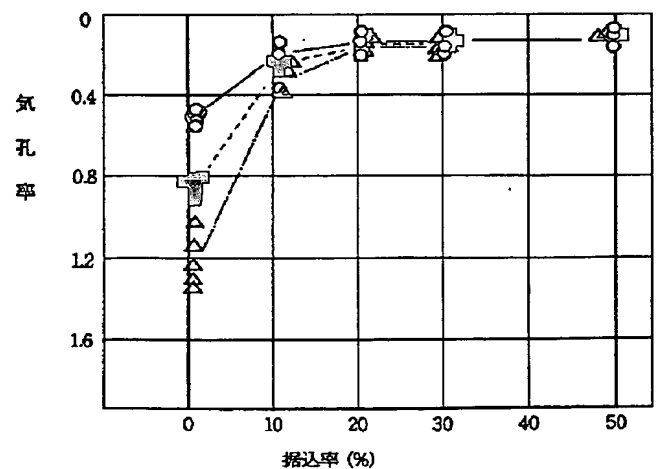
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鍛造用アルミニウム合金

(57) 【要約】

【目的】 P 含有量を規制し Si 含有量を低減した合金設計と共に共晶 Si の微細化を図ることにより、鋳造性を確保しつつ、6061 合金に匹敵する機械強度をもつ鍛造用アルミニウム合金を得る。

【構成】 Si : 2.0 ~ 3.0 重量%, Mg : 0.2 ~ 0.6 重量%, Ti : 0.01 ~ 0.1 重量%, B : 0.0001 ~ 0.01 重量%で、更に Na : 0.001 ~ 0.01 重量%, Sr : 0.001 ~ 0.05 重量%, Sb : 0.05 ~ 0.10 重量%及び Ca : 0.0005 ~ 0.01 重量%のうちの何れか 1 種又は 2 種以上を含有し、P 含有量を 0.001 重量%以下に規制し、残部が Al からなる組成を持ち、鋳造組織に含まれる共晶 Si の大きさが平均粒径で 20  $\mu$ m 以下である。また、任意成分として、Cu : 0.2 ~ 0.5 重量%, Zr : 0.01 ~ 0.2 重量%, Mn : 0.02 ~ 0.5 重量%及び Cr : 0.01 ~ 0.3 重量%のうちの何れか 1 種又は 2 種以上を含有してもよい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 Si : 2. 0 ~ 3. 0 重量%, Mg : 0. 2 ~ 0. 6 重量%, Ti : 0. 01 ~ 0. 1 重量%, B : 0. 0001 ~ 0. 01 重量%で、更に Na : 0. 001 ~ 0. 01 重量%, Sr : 0. 001 ~ 0. 05 重量%, Sb : 0. 05 ~ 0. 10 重量%及び Ca : 0. 0005 ~ 0. 01 重量%のうちの何れか 1 種又は 2 種以上を含有し、P 含有量を 0. 001 重量%以下に規制し、残部が Al からなり、鑄造組織に含まれる共晶 Si の大きさが平均粒径で 20  $\mu$ m 以下であることを特徴とする鍛造用アルミニウム合金。

【請求項 2】 Si : 2. 0 ~ 3. 0 重量%, Mg : 0. 2 ~ 0. 6 重量%, Ti : 0. 01 ~ 0. 1 重量%, B : 0. 0001 ~ 0. 01 重量%で、更に Na : 0. 001 ~ 0. 01 重量%, Sr : 0. 001 ~ 0. 05 重量%, Sb : 0. 05 ~ 0. 10 重量%及び Ca : 0. 0005 ~ 0. 01 重量%のうちの何れか 1 種又は 2 種以上、Cu : 0. 2 ~ 0. 5 重量%, Zr : 0. 01 ~ 0. 2 重量%, Mn : 0. 02 ~ 0. 5 重量%及び Cr : 0. 01 ~ 0. 3 重量%のうちの何れか 1 種又は 2 種以上を含有し、P 含有量を 0. 001 重量%以下に規制し、残部が Al からなり、鑄造組織に含まれる共晶 Si の大きさが平均粒径で 20  $\mu$ m 以下であることを特徴とする鍛造用アルミニウム合金。

【請求項 3】 鑄造素材の気孔率が 0. 4 ~ 1. 6 %で、伸びが 15 %以上であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の鍛造用アルミニウム合金。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、自動車部品、家電製品等に使用され、良好な強度及び大きな伸び率を呈する鍛造用アルミニウム合金に関する。

## 【0002】

【従来の技術】アルミニウム合金の代表的な鍛造用素材として、6061 合金が使用されている。しかし、6061 合金は、押出工程を経て鍛造用素材にされることから、コスト高になる。また、押出し材を鍛造することから、製品形状がおのずと単純な形状に限定される。

【0003】そのため、形状が複雑な製品を得る場合、鍛造用素材を鑄造で得る必要が生じる。現在、鑄造によって所定の形状が付与された素材、すなわち予形材で鍛造が可能な材料としては、AC4C、AC4CH 等が JIS で掲げられている。しかし、AC4C、AC4CH 等のアルミニウム合金は、6061 合金に比較し伸び率等の引張り特性が劣り、形状特性に優れた鍛造製品を得ることができない。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】AC4C、AC4CH 等のアルミニウム合金を鑄造することにより得られた鍛造用素材の伸び率を大きくするため、Si 含有量を 3 重

量%程度まで少なく、更に Na、Sr、Sb 等を添加し、共晶 Si を微細化することが、特開昭 54 - 13407 号公報で紹介されている。

【0005】共晶 Si の微細化によって、伸び率がある程度改善される。しかし、依然として 6061 合金の伸び率には及ばず、鍛造性に問題が残っている。また、得られた鍛造製品の耐力が十分でないことから、所定の構造強度をだすために厚肉化することを余儀なくされていた。その結果、軽量化部品としてのアルミニウム材料の長所を活用できない現状である。

【0006】本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、P 含有量を規制し共晶 Si を十分に微細化することにより、鍛造性を始めとして機械強度等に優れたアルミニウム合金を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の鍛造用アルミニウム合金は、その目的を達成するため、Si : 2. 0 ~ 3. 0 重量%, Mg : 0. 2 ~ 0. 6 重量%, Ti : 0. 01 ~ 0. 1 重量%, B : 0. 0001 ~ 0. 01 重量%で、更に Na : 0. 001 ~ 0. 01 重量%, Sr : 0. 001 ~ 0. 05 重量%, Sb : 0. 05 ~ 0. 10 重量%及び Ca : 0. 0005 ~ 0. 01 重量%のうちの何れか 1 種又は 2 種以上を含有し、P 含有量を 0. 001 重量%以下に規制し、残部が Al からなり、鑄造組織に含まれる共晶 Si の大きさが平均粒径で 20  $\mu$ m 以下であることを特徴とする。

【0008】本発明の鍛造用アルミニウム合金は、更に Cu : 0. 2 ~ 0. 5 重量%, Zr : 0. 01 ~ 0. 2 重量%, Mn : 0. 02 ~ 0. 5 重量%及び Cr : 0. 01 ~ 0. 3 重量%のうちの何れか 1 種又は 2 種以上を含有することもできる。また、鑄造素材の気孔率を 0. 4 ~ 1. 6 %とし、伸び率を 15 %以上とすることが好ましい。

## 【0009】

【作用】本発明の鍛造用アルミニウム合金においては、鑄造性を確保すると共に、高靱性化及び伸びを向上させるため、AC4C、AC4CH 等の従来のアルミニウム合金に比較して Si 含有量を低めに設定している。そして、共晶 Si の微細化を図るため、Na、Si、Sb 等を添加すると共に、微細化阻害元素である P 含有量を規制している。更に、十分な伸びを確保できる範囲内で Mg を増量することにより、耐力の向上を図っている。この条件が満たされた予形材を鍛造すると、据込率（圧下率）で 20 % 程度の僅かな塑性加工により、6010 合金に匹敵する靱性を得ることが可能となる。

【0010】以下、合金成分及びその含有量等について説明する。

Si : 本発明の鍛造用アルミニウム合金は、鑄造で得られた予形材を鍛造することにより、所定形状をもつ製

10

20

30

40

50

品とされる。この予形材を得るために、溶湯の流動性、引け性等が良く、鑄造割れ等の欠陥が発生しないことが要求される。この鑄造性を確保する上から、Siを含有させることが必要である。しかし、多量のSi含有は、アルミニウム合金の伸びや機械的強度を低下させる。この点から、本発明においては、Si含有量を2.0～3.0重量%の範囲に設定した。

【0011】この範囲のSi含有量で、必要とする伸びや機械的強度が得られると共に、鑄造性も良好になる。Si含有量が3.0重量%を超えると、ミクロ組織でも検出されるように粒界に比較的多量の共晶Siが晶出し、伸び、機械的強度等を劣化させる。逆に、Si含有量が2.0重量%未満のときには、鑄造性が悪くなる。特に、Si含有量1～2重量%未満の範囲では、流動性が最も悪く、鑄造割れ等の欠陥が発生し易い。

【0012】Mg: Siと共存して熱処理によりMg, Siとして析出し、引張強さ、耐力等の機械的強度を向上させる。しかし、Mg含有量が0.6重量%を越えると、伸び、衝撃値等が大きく低下する。また、6061合金の性能に近づけるためには、Si含有量の低下によって伸びを増大させた分、Mg含有量を可能な限り増量して強度向上を図る。このようなMgの効果を発現させるため、0.2重量%以上のMg含有が必要である。

【0013】Ti, B: アルミニウム合金の鑄造組織は、Ti及びBの併用添加によって微細化される。鑄造組織の微細化に伴い、粒界に析出する不純物やシュリンケージ等が細かく分散され、機械的特性が向上する。このような効果を得るためには、0.01重量%以上のTi及び0.0001重量%以上のBを含有させることが必要である。しかし、Ti含有量及びB含有量がそれぞれ0.1重量%及び0.01重量%を超えると、析出する介在物が多くなり、却って靱性、強度、伸び等が劣化する。

【0014】Cu: アルミニウム合金の強度を向上させる上で、必要に応じて添加される元素である。0.2～0.5重量%のCuをMgと併用添加するとき、十分な伸びを確保できる範囲で耐力の向上が図られる。

【0015】Na, Sr, Sb, Ca: 共晶Siの微細化により伸び、衝撃値等を向上させるため、Na, Sr, Sb, Ca等が添加される。共晶Si微細化作用は、0.001重量%以上のNa, 0.001重量%以

上のSr, 0.05重量%以上のSb或いは0.0005重量%以上のCaを含有させることにより得られる。しかし、これら添加元素は、ガスの吸収及び化合物の生成を促進させると共に、引け性を変化させる傾向を呈する。その結果、多量にNa, Sr, Sb, Ca等を添加すると、アルミニウム合金の靱性が劣化する。この点で、Na, Sr, Sb及びCa含有量の上限を、それぞれ0.01重量%, 0.05重量%, 0.10重量%及び0.01重量%に設定した。

【0016】P: Na, Sr, Sb, Ca等の添加元素は、合金中のPと反応し、共晶Siの微細化に有効に作用しなくなる。そのため、本発明においては、微細化効果を阻害するPを0.001重量%以下に規制して、Na, Sr, Sb, Ca等の作用を効率よく発揮させる。

【0017】Zr, Mn, Cr: 加工時にアルミニウム合金が再結晶することを防止するために、必要に応じて添加される元素である。再結晶防止を図るためには、0.01重量%以上のZr, 0.02重量%以上のMn或いは0.01重量%以上のCrを含有させることが必要である。しかし、これら元素を多量に添加すると、マトリックスの硬度が上昇し、却って加工性が低下する。そこで、Zr含有量, Mn含有量及びCr含有量の上限を、それぞれ0.2重量%, 0.5重量%及び0.3重量%に規定した。

【0018】共晶Siの粒径: 本発明のアルミニウム合金においては、共晶Siの大きさが平均粒径で20μm以下の小さなものである。この小さな共晶Siは、予形材に含まれる気孔を微細なものにすると共に、僅かな据込み率の鍛造によって気孔率を急激に低減させ、中実度の高い鍛造製品を得る要因となる。これに対して、従来のアルミニウム合金を鍛造して実質的に気孔のない鍛造製品を得ようとする、据込み率を50%以上に設定することが必要である。

【0019】

【実施例】以下、実施例によって本発明を具体的に説明する。表1に示した合金成分の素材をJISD4号の舟形鑄型を使用して鑄造した。鑄造材にT<sub>6</sub>の熱処理を施した後、引張り試験を行った。試験結果を表2に示す。

【0020】

40 【表1】

表1: 実験に使用したアルミニウム合金の種類

試験 No.	成 分 及 び 含 有 量											( 重 量 % )		備 考
	Si	Mg	Cu	Ti	B	Zr	Cr	Mn	Na	Sr	Sb	P	Al	
1	3.0	0.5	0.4	0.02	0.005	0.02	-	-	-	0.007	-	0.0005	残 部	本 発 明 合 金
2	3.0	0.5	0.3	0.02	0.005	-	0.3	-	0.005	-	-	0.0006	"	
3	2.7	0.5	0.3	0.02	0.005	-	-	0.3	-	-	0.08	0.0004	"	
4	2.7	0.4	0.4	0.02	0.005	0.02	-	0.3	-	0.006	-	0.0005	"	
5	3.0	0.4	0.4	0.02	0.005	0.02	0.2	-	0.006	-	-	0.0004	"	
6	2.3	0.35	0.3	0.02	0.005	0.02	-	-	-	0.005	-	0.0004	"	
7	6.8	0.3	-	0.02	0.005	-	-	-	0.008	-	-	0.0008	残 部	従 来 合 金
8	5.4	0.4	-	0.02	0.005	0.02	-	-	-	-	0.10	0.0006	"	
9	7.0	0.4	-	0.02	0.005	-	0.3	-	-	0.009	-	0.0009	"	
10	4.0	0.25	-	0.02	0.005	0.02	-	-	-	-	0.09	0.0004	"	
11	4.0	0.24	-	0.02	0.005	-	-	0.03	-	-	-	0.0006	"	

【 0 0 2 1 】

【 表 2 】

表 2 : 各種鋳造材の引張り特性

試験 No.	引張り強さ kgf/cm <sup>2</sup>	耐 力 kgf/cm <sup>2</sup>	伸び率 %	適 用
1	33.9	28.1	15.0	本 発 明 合 金
2	32.9	25.6	16.1	
3	33.0	24.8	17.0	
4	31.8	24.3	16.3	
5	31.3	24.8	16.0	
6	32.5	23.9	18.9	
7	30.5	20.8	14.0	従 来 合 金
8	33.4	26.9	13.1	
9	33.7	27.9	6.1	
10	28.0	22.3	16.1	
11	28.5	22.7	7.1	

【0022】表2から明らかなように、試験No. 1～6の本発明合金では、伸び率が15%以上であり、鍛造性に優れていることが判る。また、引張り強さ、耐力等の機械的強度も、従来の鍛造用アルミニウム合金と遜色のない値を示している。これに対し、伸び率に重点をおいて合金設計した試験No. 7及び10の合金では機械的強度が劣っており、機械的強度に重点をおいて合金設計した試験No. 9の合金では伸び率が悪く鍛造性に劣ったものとなる。この対比から、試験No. 1～6の本発明合金は、鍛造性及び機械的強度の双方にバランスがとれた材料であるといえる。

【0023】実施例2：鋳造で得られた合金材料は、凝固速度の違いにより製品中の気孔率が異なる。製品中に気孔が多いと、強度が低下し、荷重が加わった場合に気孔を起点として破断等が発生する。この点、本発明合金においては、共晶Siが微細な晶出物として分散されているため、鍛造時の据込みにより気孔を潰し、伸び率が大きな中実の製品にすることが可能である。

【0024】たとえば、試験No. 1の合金に対し据込み率を変えた鍛造を行い、鍛造後の気孔率と据込み率との関係を調査した。また、鍛造による中実化と肉厚との関係を調べるため、厚肉部及び薄肉部に対する据込み率を変化させた。その結果、据込み率と気孔率との間に、図

1に示す関係が得られた。

【0025】なお、図1における据込み率は、 $[(\text{鍛造前の肉厚} - \text{鍛造後の肉厚}) / \text{鍛造前の肉厚}] \times 100$ の圧下率で表した。また、気孔率は、鍛造後の合金について $[(\text{真比重} - \text{比重}) / \text{真比重}] \times 100$ で表した。図中、○印は鋳造肉厚20mmの部分における気孔率の変化を示し、■印は鋳造肉厚26mmの部分における気孔率の変化を示し、△印は鋳造肉厚32mmの部分における気孔率の変化を示す。

【0026】図1から明らかなように、何れの肉厚をもつものにおいても、10～20%程度の僅かな据込み率で、実質的に全ての気孔が潰され、中実度の高い製品となることが判る。

【0027】実施例3：表1に示した組成をもつアルミニウム合金を鋳造して得られた予形材を400℃で1時間加熱する予熱を施した後、鍛造し、次いでT<sub>1</sub>処理を行った。得られた鍛造材から試験片を切り出し、引張り試験に供した。表3は、その試験結果を表したものである。表3から明らかなように、試験No. 1～6の本発明合金は、10～20%の僅かな据込み率により従来合金よりも伸びが大きく優れた特性を示している。

【0028】

【表3】

30

40

50

表 3 : 各種鍛造品の引張り特性

試験 No.	据込み率 %	引張り強さ kgf/cm <sup>2</sup>	耐 力 kgf/cm <sup>2</sup>	伸び率 %	適 用
1	20	34.3	28.5	16.8	本 発 明 合 金
2	10	33.1	26.0	17.6	
3	10	32.9	25.6	19.3	
4	20	31.6	24.9	18.8	
5	20	32.0	25.4	18.0	
6	20	32.4	24.1	22.0	
7	50	30.4	22.3	11.8	従 来 合 金
8	50	32.1	25.7	14.0	
9	30	33.5	27.9	8.6	
10	50	28.8	21.7	16.7	
11	50	28.6	21.8	14.7	

【 0 0 2 9 】

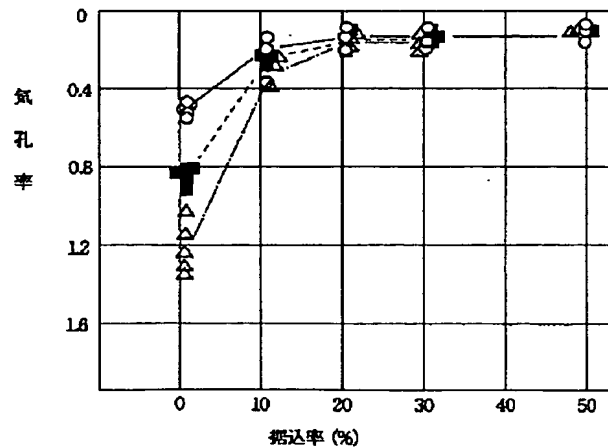
【発明の効果】以上に説明したように、本発明の鍛造用アルミニウム合金は、鋳造材として使用可能なまで Si 量を低減して伸びを改善し、結晶粒や晶出物の微細化によって機械的強度を確保している。そして、鋳造材に含まれている気孔が微細であるため、鍛造によって気孔が

容易に押し潰され、僅かな据込み率で中実度が高く展延性の良好な製品が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明鍛造用アルミニウム合金の据込み率と気孔率との関係を示したグラフ

【図 1】



## フロントページの続き

- (72) 発明者 橋本 昭男  
東京都港区三田 3 丁目 1 3 番 1 2 号 株式  
会社日軽技研内
- (72) 発明者 北岡 山治  
東京都港区三田 3 丁目 1 3 番 1 2 号 株式  
会社日軽技研内
- (72) 発明者 三部 隆宏  
神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産  
自動車株式会社内
- (72) 発明者 北村 行由  
神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産  
自動車株式会社内
- (72) 発明者 藤川 真一郎  
神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産  
自動車株式会社内
- (72) 発明者 桜木 秀偉  
神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産  
自動車株式会社内